بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی
دانشکده مهندسی و علم مواد

طراحی و انتخاب مواد مهندسی

جلسه هشتم
(فرآیند انتخاب مواد-٦)

دکتر رضا اسلامی فارسانی

انتخاب مواد براساس مقاومت به خستگی

- ✓ در بسیاری از کاربردهای مهندسی رفتار ماده متاثر از عوامل متعدد دیگری غیر از خصوصیات ماده سازنده است. نمونه بارز این حالت برای زمانی است که سازه تحت بار خستگی قرار دارد.
- ✓ در شرایط بارگذاری خستگی، کیفیت سطح، روش ساخت و نحوه طراحی قطعه بر مقاومت به خستگی تاثیر زیادی دارد.

انتخاب مواد براساس مقاومت به خستگی

- ✓ در اغلب موارد برای حصول عمر خستگی مطلوب، نقش ماده سازنده نمونه بخصوص زمانی که عاری از ناپیوستگی ها باشد، در اولویت دوم قرار دارد.
- ✓ در قطعه ای که دارای جوش، پیچ و یا پرچ باشد، سهم مرحله جوانه زنی ترک اندک بوده و بیشتر عمر خستگی قطعه در مرحله دوم که مربوط به رشد ترک است، سپری می شود.

انتخاب مواد براساس مقاومت به خستگی

- ✓ معمولاً ازدیاد استحکام کششی مواد فلزی بهبود استحکام خستگی آنها را به دنبال دارد. اما از سوی دیگر مواد مستحکم تر حساسیت بیشتری به شیار داشته و نیاز به حذف ذرات درشت فاز دوم و رسیدن به ساختاری ظریف و یکنواخت در آنها بیشتر است.

- ✓ تجربه نشان داده است که آهنگ رشد ترک بیشتر به ملاحظات مکانیک پیوستگی وابسته است تا خواص ماده.

انتخاب مواد براساس مقاومت به خستگی

✓ حساسیت به شیار یک ماده (q) به صورت زیر بیان می شود:

$$q = \frac{K_f - 1}{K_t - 1}$$

K_f: نسبت استحکام خستگی بدون حضور تمرکز تنش به استحکام خستگی با حضور تمرکز تنش

K_t: عامل تمرکز تنش است که گویای شدت اثر شیار بوده و از نسبت تنش موضعی بیشینه در نوک شیار به تنش میانگین بدست می آید.

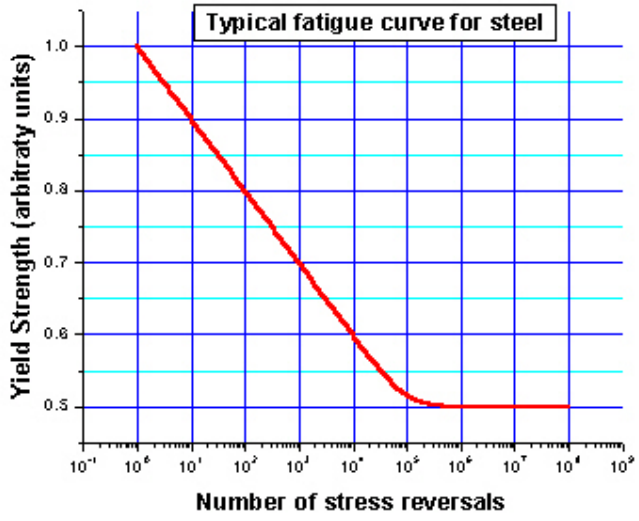
انتخاب مواد براساس مقاومت به خستگی

- ✓ متغیر q را می توان به عنوان معیاری برای درجه سازگاری K_t و K_f در نظر گرفت.
- ✓ با تغییر q از صفر به سمت یک حساسیت ماده به حضور تمرکز تنش بیشتر می شود.
- ✓ عموماً افزایش استحکام مواد آنها را به نقاط تمرکز تنش حساس تر کرده و ازدیاد q را سبب می شود.
- ✓ مقدار q به اندازه قطعه بستگی دارد و با ازدیاد آن افزایش می یابد. از این رو نقاط تمرکز تنش در قطعات بزرگتر خطرناک تر هستند.

انتخاب مواد براساس مقاومت به خستگی

فولادها و چدن ها

- ✓ برای ساخت سازه هایی که در معرض خستگی هستند، فولادها بیشترین کاربرد را دارند زیرا با هزینه تولید نسبتاً کم، استحکام بالای خستگی و قابلیت خوب ساخت را فراهم می سازند.



- ✓ داشتن حد خستگی از خواص انحصاری فولادهاست که فولاد را قادر ساخته تا در تنش های کمتر از این حد، عمر خستگی همیشگی داشته باشند.

انتخاب مواد براساس مقاومت به خستگی

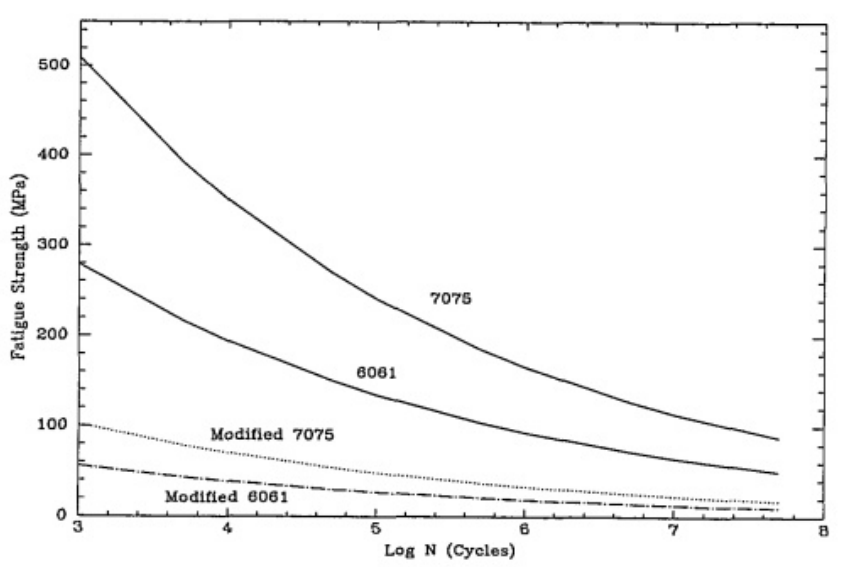
فولادها و چدن ها

- ✓ حضور آخال ها در فولادها به عنوان عامل ناپیوستگی درونی، به علت آن که مواضع مستعدی برای جوانه زنی ترک خستگی بشمار می روند، بسیار مضر است.
- ✓ به همین دلیل از بکارگیری فولادهای خوش تراش در کاربردهای مقاوم به خستگی باید اجتناب نمود. در مواردی که خوش تراشی ماده نیز ضروری است، استفاده از فولادهای سرب دار به فولادهای حاوی فسفر یا گوگرد ترجیح دارد زیرا شکل کروی ذرات سرب در این فولادها از دیگر شکل های گوشه دار و کشیده آخال ها موجب تمرکز تنش کمتری می شود.

انتخاب مواد براساس مقاومت به خستگی

آلیاژهای غیرآهنی

- ✓ آلیاژهای غیرآهنی بجز آلیاژهای تیتانیم برخلاف فولادها حد تحمل (حد خستگی) ندارند.
- ✓ در آلیاژهای غیرآهنی همواره خستگی در اثر بارهای سیکلی اتفاق می افتد.
- ✓ آلیاژهای آلومینیم تلفیقی از مقاومت به خوردگی، وزن سبک و مقاومت مناسب به خستگی را دارا هستند.



انتخاب مواد براساس مقاومت به خستگی

پلاستیک ها

- ✓ رفتار خستگی پلاستیک ها به علت خاصیت ویسکوالاستیک آنها پیچیده تر از فلزات است.
- ✓ علاوه بر کلیه عوامل موثر بر خستگی فلزات، رفتار خستگی پلاستیک ها به نوع بارگذاری، فرآیند ساخت و کوچکترین تغییرات در دما و محیط کارشان بستگی دارد.
- ✓ به علت رسانایی حرارتی کم، پسماند حرارتی ایجادشده در پلاستیک ها موجب از کارافتادگی آنها بر اثر فرآیند خستگی حرارتی شده یا کارایی آنها محدود به تنش های کمتر خواهد شد.

انتخاب مواد براساس مقاومت به خستگی

کامپوزیت ها

- ✓ حالت از کار افتادگی در مواد کامپوزیتی در خستگی بسیار پیچیده است و در صورتِ وجود تنش های داخلی در آنها به علت تفاوت انقباض زمینه و الیاف شدیداً به فرآیند ساخت کامپوزیت بستگی دارد.
- ✓ با توجه به پیشرفت های روزافزون اخیر برخی از پلیمرهای مستحکم شده با الیاف به خصوصیات خستگی بهتری نسبت به فلزات دست یافته اند.
- ✓ امروزه به علت خواص خستگی بسیار عالی اپوکسی مستحکم شده با الیاف شیشه از آنها به عنوان جایگزین فولاد در فنرهای تخت برخی اتومبیل ها استفاده می شود.

انتخاب مواد براساس مقاومت به خستگی

کامپوزیت ها

- ✓ استحکام بیشتر، هدایت حرارتی بهتر و ضربه گیری کمتر دلایل برتری خواص خستگی پلیمرهای بلورین است.
- ✓ استحکام خستگی کامپوزیت های الیافی همانند استحکام استاتیکی آنها به جهت الیاف بستگی دارد.
- ✓ استحکام خستگی مواد کامپوزیتی تک جهته در جهاتی غیر از جهت الیاف بسیار اندک است.

انتخاب مواد براساس مقاومت به سایش

عوامل موثر بر رفتار سایشی مواد عبارتند از:

- متغیرهای متالورژیکی مانند سختی، چقرمگی، ترکیب شیمیایی و ریزساختار.
- متغیرهای کاری شامل مواد در حال تماس، فشار تماس، سرعت لغزش، دمای فرآیند، کیفیت سطحی، روان ساز مصرفی و خوردگی.

✓ گرچه کیفیت مواد در کاربردهای سایشی عموماً متاثر از خواص مکانیکی آنهاست ولی همواره نمی توان مقاومت به سایش را به یک خاصیت مشخص مربوط ساخت.

انتخاب مواد براساس مقاومت به سایش

- ✓ عموماً مقاومت به سایش مستقیماً با استحکام کششی و سختی افزایش نمی یابد، ولی اگر دیگر خواص ثابت باشند، سختی معیار خوبی برای مقایسه مقاومت به سایش مواد مختلف است.
- ✓ سایش یک پدیده سطحی است، بنابراین پوشش و عملیات سطحی، نقش بسیار مهمی در کنترل آن دارند.
- ✓ پوشش های سطحی شامل مواد مقاوم به سایش هستند.

انتخاب مواد براساس مقاومت به سایش

- ✓ برای پرهیز از لزوم مقاوم به سایش کردن تمام ماده که غیرضروری و پرهزینه است، از عملیات سطحی زیر استفاده می شود:
- عملیات حرارتی سطح مانند گرمایش با شعله یا به صورت القایی که باعث سخت شدن سطح بدون تاثیر بر مغز ماده می شود.
- آلیاژکردن سطح از قبیل کربن دهی، نیتروژن دهی و کربن نیتروژن دهی.

- ✓ همه مواد و قطعات قابلیت عملیات سطحی را ندارند و این عملیات با پوسته شدن تخریب می شود.

انتخاب مواد براساس مقاومت به سایش

مقاومت به سایش فولادها

- ✓ فولادهای نرم گرچه بسیار ارزان و پر مصرف هستند، ولی مقاومت به سایش آنها ضعیف بوده و به هنگام لغزش خشک و بدون روان ساز دچار تخریب شدید سطحی می شوند.
- ✓ افزایش مقدار کربن فولاد به بهبود مقاومت به سایش آن کمک کرده، ولی سبب افزایش قیمت نیز می شود.
- ✓ در میان فولادها، فولادهای کم آلیاژ یا فولادهای کربنی قابل سخت گردانی سطحی، انواع مقاوم تر به سایش هستند.

انتخاب مواد براساس مقاومت به سایش

مقاومت به سایش فولادها

- ✓ در صورت نیاز به مقاومت به سایش و خوردگی و تحمل دمای بالا می توان فولادهای زنگ نزن رسوب سختی شونده را انتخاب نمود.
- ✓ از فولادهای آستنیتی منگنزدار در مواردی که مقاومت به سایش مهم است می توان استفاده کرد.
- ✓ فولادهای هادفیلد دارای ۱/۴۵-۰/۷ درصد کربن و ۱۴-۱۱ درصد منگنز هستند و می توانند عناصری چون کروم، مولیبدن، نیکل، وانادیم و تیتانیم را نیز داشته باشند.

انتخاب مواد براساس مقاومت به سایش

مقاومت به سایش فولادها

- ✓ فولادهای هادفیلد در مقایسه با دیگر انواع فولادهای مقاوم به سایش ضمن داشتن قیمت مناسب از چقرمگی بهتری برخوردار هستند.
- ✓ فولادهای هادفیلد در برابر سایش فلز به فلز نظیر چرخ های شنی دار، ریل ها و قطعات ریختگی راه آهن مقاومند.
- ✓ این فولادها برای تسمه های نقاله و زنجیرهایی که در معرض سایش کندگی قرار داشته و برای بارهای سنگین استفاده می شوند، بسیار مناسب هستند.

انتخاب مواد براساس مقاومت به سایش

مقاومت به سایش چدن ها

- ✓ چدن خاکستری پس از ریخته گری از مقاومت به سایش خوبی برای مصارفی چون مسیر لغزشی ابزارگاه در ماشین ابزار و دیگر اجزای مشابه برخوردار است.
- ✓ با ایجاد ساختارهای مارتنزیتی و یا پرلیتی در چدن سفید مقاومت به سایش زیاد که برای غلتک ها و گلوله های آسیاب لازم است، فراهم می شود.
- ✓ در چدن سفید آلیاژی مقاومت به سایش حتی بهتر شده، ولی گران تر است.

انتخاب مواد براساس مقاومت به سایش

سرامیک ها

- ✓ از سرامیک ها می توان در کاربردهای سایشی مختلف استفاده نمود.
- ✓ رفتار سایشی سرامیک ها به ماهیت سطوح تحت تماس و وجود فیلم های سطحی بستگی دارد.
- ✓ عموماً مقدار سایش با ازدیاد تخلخل و اندازه دانه در سرامیک ها بیشتر می شود.
- ✓ وجود لایه های سطحی نظیر آب یا روغن موجب چسبندگی و سایش می شوند.
- ✓ کاربیدهای سیلیسیم برای ساخت یاتاقان ها و اجزای سوپاپ های موتور بسیار مناسب هستند.

انتخاب مواد براساس مقاومت به سایش

پلیمرهای مقاوم به سایش

- پلیمرهای مقاوم به سایش خودروانکار در بسیاری از مصارف نظیر یاتاقان ها، بادامک ها و چرخ دنده ها با فلزات رقابت می کنند.
- علاوه بر سهولت ساخت، خواص بهتر روغن کاری و سهولت نگهداری، از ویژگی های دیگر پلیمرهاست. در ترکیب این پلیمرها از یک عامل روغن کاری داخلی استفاده شده و به دو گونه مسلح و غیرمسلح در دسترس هستند.
- بکارگیری توام چند عامل روانکار سبب ایجاد مقاومت بهینه به سایش می شود.
- در پلیمرهای تقویت شده با الیاف کربن و آرامید، علاوه بر نقش افزایش استحکام، این انواع الیاف عامل بهبود مقاومت به سایش نیز هستند.

انتخاب مواد براساس مقاومت به سایش

پلیمرهای مقاوم به سایش

- ✓ علی رغم مزایای خوب پلیمرها هنگام انتخاب پلیمرهای مقاوم به سایش باید محدودیت های زیر را نیز در نظر گرفت.
- مالش پلیمر بر پلیمر سایش بسیار شدیدتر از حالت پلیمر بر فلز است.
- حساسیت مقاومت به سایش به تغییرات اندک دما.
- حساسیت پلیمرها به زبری سطح فلز در تماس.
- نوع فلز اثر شدیدی بر شدت سایش دارد. برای مثال جایگزینی آلیاژهای آلومینیم با فولاد موجب کاهش آهنگ سایش پلاستیک ها می شود.